Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 4, Winter 2023, p. 903-915

# The Application of Different Levels of Ammonium Nitrate in the Form of Fertilization on some Morpho-Physiological Traits of Spider plant (*Chlorophytum comosum*)

**M. Osku[1], A. Khandan-Mirkohi[2]*, R. Naderi[3]**


| Received: 04-11-2021<br>Revised: 12-01-2022<br>Accepted: 01-02-2022<br>Available Online: 30-01-2023 | **How to cite this article:**<br>Osku, M., Khandan-Mirkohi, A., & Naderi, R. (2023). The Application of Different Levels of Ammonium Nitrate in the Form of Fertilization on some Morpho-Physiological Traits of Spider plant (*Chlorophytum comosum*). *Journal of Horticultural Science 36*(4): 903-915. (In Persian with English abstract)<br>**DOI**: 10.22067/jhs.2022.73430.1103 |
|---|---|


## Introduction

The genus *Chlorophytum* (also known as spider plant) which is mainly cultivated as an ornamental plant for its slash and colored leaves, specifically distributed in the pantropic regions. It is a perennial rhizomatous plant with often short and indistinct rhizomes, while with thicker or slightly fleshy roots. The roots of these species are considered as one of the important phytochemical components. This plant is a soil conditioner and can absorb lead, cadmium, Se and As while its leaves accumulate mercury. It is also able to absorb toxic organic pollutants such as formaldehyde and benzene and is also able to retain $CO_2$. Leaf surface morphology has been shown to affect the ability of a particular plant to retain contaminants. *Chlorophytum comosum* introduced as a plant that requires high nitrogen. Nitrogen is an essential macro element for the growth and development of plants which involved in many physiological reactions and it is one of the elements that plants need in all their activities. The effect of N form on plant growth depends on plant species and nitrogen level of the soil. Plants absorb both ammonium ($NH_4^+$) and nitrate ($NO_3^-$) from soil solution, and these two mineral forms are their most important sources of nitrogen to supply the plant demand. Absorption of ammonium by plants requires less energy than absorption of nitrate. It seems that most plants have the best performance in a certain ratio of nitrate to ammonium ($NO_3^-/NH_4^+$ ratio). This ratio seems to regulate the distribution of absorbed nitrogen between the branches and roots. It may also vary between species. The optimal ratio may also depend on the environmental conditions such as pH, light intensity, and root zone temperature. This study was performed to determine the effect of different levels of ammonium nitrate on growth, yield factors and ornamental aspects of the spider plant as a desired ornamental product. The use of ammonium nitrate to meet the houseplants demand considering the supply of both types of nitrogen sources, increases the yield and quality of these plant. However, despite the importance of the nitrogen in the performance of this ornamental plant (*Chlorophytum comosum*), the desired amount of nitrogen for its growth and quality has not yet been reported. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of different levels of ammonium nitrate on the growth and physiological characteristics of spider plant to find the best level of application of ammonium nitrate fertilizer as an easily available source to increase the growth and visual quality of this plant.

## Materials and Methods

This research was conducted based on randomized complete block design (RCBD) with four treatments and three replications. Treatments include four levels of ammonium nitrate of 100 (control), 200, 400, 600 mg $kg^{-1}$ of soil. Treatments applied first at the substrate preparation process and then was applied in the one third depth of each pot, monthly. Desired factors such as morphological characteristics (plant height, leaf number, stolon

1- Ph.D. Candidate, Department of Horticulture, Aburaihan College of Agricultural Technology, University of Tehran, Tehran, Iran
2 and 3- Assistant Professor and Professor University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: khandan.mirkohi@ut.ac.ir)

number, fresh weight, dry weight, root fresh weight, root dry weight, root volume, root depth, root length, pot weight, leaf area) and physiological characteristics (total chlorophyll, total protein, texture nitrate and proline) were evaluated. Also soil analysis was performed before starting of the experiment. Statistical analyses of the data for examined traits were performed using SAS software and comparisons of means using Duncan's multiple range test, at 5% probability level.

## Result and Discussion

The results indicated that the application of ammonium nitrate fertilizer significantly improved most of the studied traits. Supplying ammonium nitrate fertilizer at desired level meet the nitrogen demand of Spider plant during the growth and improved production of biomass. The plant height, leaf number, fresh weight, dry weight, root fresh weight, root dry weight, and leaf area were increased by increasing ammonium nitrate level. Nitrogen fertilizers play an important role for increasing plant yield by expanding shoots and producing sufficient carbohydrates. In addition to plant growth, they also affect plant morphology. Maximum amount of protein, nitrate of tissue and total chlorophyll observed in 400 $mg^{-1}kg$ of ammonium nitrate level. Nitrogen is one of the essential elements that plays an important role in the production of chlorophyll and protein, therefore the use of nitrogen fertilizers leads to synthesis of chlorophyll and protein at higher level. The highest amount of proline (11.20 $\mu g^{-1}$ mL) was measured at 600 $mg^{-1}kg$ of ammonium nitrate level and the lowest (3.57 $\mu g^{-1}$ mL) in the control, because with high consumption of nitrate, the plant needs more water and nitrogen is a structural component of proline. Accumulation of proline helps the plant to survive and recover after drought stress.

## Conclusion

According to the results of our experiment, application of nitrogen fertilizer had a positive effect on growth, and consequently led to increase the plant vegetative yield. Treatment of 400 $mg^{-1}kg$ of ammonium nitrate level increased growth and yield factors and the ornamental aspect of Spider plant as a desired ornamental crop. Application of 400 $mg^{-1}kg$ of ammonium nitrate level are recommended to access an acceptable quantitative and qualitative yield in this plant.

**Keywords:** Chlorophyll, Growth traits, Protein, Yield

**نشریه علوم باغبانی**
https://jhs.um.ac.ir

**مقاله پژوهشی**

**جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۹۱۵-۹۰۳**

# کاربرد مقادیر مختلف نیترات آمونیوم به صورت کوددهی پایه بر برخی صفات مورفو- فیزیولوژیکی گیاه سجافی (*Chlorophytum comosum*)

**مژده اسکو[۱]- عزیزاله خندان میرکوهی[۲*]- روح انگیز نادری[۳]**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۲

## چکیده

جهت ارزیابی تاثیر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه سجافی (*Chlorophytum comosum*) آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار به اجرا درآمد. از چهار سطح مختلف نیترات آمونیوم (۱۰۰ (به‌عنوان شاهد)، ۲۰۰، ۴۰۰ و۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) استفاده شد. تیمارها، ماهانه و به صورت چالکود اعمال گردید. صفات مورد بررسی شامل صفات مورفولوژیک (ارتفاع، تعداد برگ، تعداد دستک، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، عمق ریشه، طول ریشه، وزن گلدان، سطح برگ) و صفات فیزیولوژیک (کلروفیل کل، مقدار پروتئین کل، مقدار نیترات موجود در بافت و میزان پرولین) بود و همچنین آنالیز بسترکشت قبل از شروع آزمایش انجام شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر همه صفات مورد ارزیابی به جز وزن گلدان، عمق ریشه، طول ریشه و حجم ریشه معنی‌دار بود. با افزایش سطوح مختلف تیمار، ارتفاع، تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و سطح برگ افزایش یافت. بیشترین میزان کلروفیل، پروتئین و نیترات بافت در تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم مشاهده شد و با افزایش کاربرد نیترات آمونیوم مقدار آنها کاهش یافت. بیشترین مقدار پرولین (۱۱/۲۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم و کمترین مقدار (۳/۵۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در تیمار شاهد مشاهده شد. با توجه به نتایج بدست آمده تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم موجب افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد و افزایش جنبه زینتی گیاه سجافی به عنوان یک گیاه برگ زینتی گردید.

**واژه‌های کلیدی:** پروتئین، شاخص‌های رشد، عملکرد، کلروفیل

## مقدمه

گیاه سجافی یا گندمی (*Chlorophytum comosum*) یکی از گیاهان متعلق به تیره لیلیاسه است که حدود ۳۸ گونه از آن در آفریقا و اروپا می‌روید (Germishuizen and Meyer, 2003). این گیاه دارای برگ‌های نواری‌شکل و آویزان می‌باشد که جنبه زینتی به این گیاه داده است. سجافی یکی از قدیمی‌ترین گیاهانی است که به‌عنوان گیاه زینتی و دارویی مورد استفاده است (Hutchings *et al*., 1996). عقیده بر این است که این گیاه قادر به پالایش آلاینده‌ها از هوا از جمله فرمالدئید و بنزن و جذب کادمیوم، سرب و جیوه از خاک می‌باشد (Li *et al*., 2021; Fermo *et al*., 2021 ). این گیاه در بین گیاهان زینتی دیگر با این ویژگی جزو گیاهان ارزان قیمت و آسان تکثیر می‌باشد، بنابراین بهینه‌سازی رشد مطلوب با ویژگی دیداری مناسب می‌تواند کاربرد این گیاه در مقایسه با گیاهان گران قیمت را افزایش دهد. از طرف دیگر، از آنجایی‌که این گیاه دارای رشد رویشی زیادی است و شادابی برگ‌ها از جمله ویژگی زینتی مهم این گیاه محسوب می‌شود، بنابراین به عنوان یک گیاه پرنیاز به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن تلقی می‌شود و در بسیاری از فعالیت‌های خود به این عنصر نیاز دارد و کمبود آن می‌تواند در رشد کمی و کیفی گیاه اختلال

۱- دانشجوی دکتری دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲ و ۳- به‌ترتیب استادیار و استاد دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: khandan.mirkohi@ut.ac.ir
DOI: 10.22067/jhs.2022.73430.1103

ایجاد نموده و کمبود این عنصر از رشد و بهره‌وری این گیاه می‌کاهد (Dhanasekaran *et al*., 2020; Yan *et al*., 2019). کودهای نیتروژنی از طریق گسترش اندام‌های هوایی و تولید ماده کربوهیدراتی در افزایش عملکرد گیاهان نقش مهمی دارند و نه تنها بر رشد گیاه بلکه بر ریخت‌شناسی گیاهی نیز تاثیر دارند (Ghasemi *et al*., 2012). با افزایش کودهای نیتروژنی، آنزیم‌ها و پروتئین‌های شرکت‌کننده در چرخه فتوسنتزی نظیر سایتوکروم‌ها، فردوکسین‌ها، پلاستوسیانین و آنزیم روبیسکو افزایش می‌یابد (Dordas and Sioulas, 2008; Prsa *et al*., 2007). همچنین، نیتروژن نقش مهمی در ساختار کلروفیل و افزایش کارایی فتوسنتز دارد (Khalid, 2013) و مصرف بهینه آن با تاثیر بر کاهش نسبت آبسیزیک اسید بر جیبرلین، باعث افزایش رشد رویشی می‌گردد (Marschner, 2012). مقادیر متفاوتی از نیاز به نیتروژن برای گیاهان مختلف بیان شده است و این میزان از ۲۰۰ تا ۷۵۰ میلی گرم در لیتر در محلول غذایی (Reed, 1996) و از ۲ تا ۱۲ میلی‌مولار در محلول خاک و از ۱۲ تا ۲۴ میلی‌مولار در محلول بسترهای کشت متغیر است (Sonneveld and Voogt, 2009). گیاهان نیاز نیتروژن خود را در دو شکل مهم نیتراتی و آمونیومی تامین می‌کنند. نیترات به عنوان بخش مهم نیاز نیتروژنی در تغذیه گیاهان به‌ویژه درکشت‌های هیدروپونیک مطرح است (Marschner, 1995). توجه به نسبت نیتروژن نیتراتی به آمونیومی با توجه به نوع گیاه در کشت‌های گلخانه‌ای دارای اهمیت است (Li *et al*., 2021). از طرف دیگر نسبت مساوی بین دو شکل تامین نیتروژن، در مقابله با تنش سرما می‌تواند مورد توجه باشد (Liu and Li, 2017) چون جذب آمونیوم توسط گیاهان در مقایسه با نیترات به انرژی کمتری نیاز دارد (Li *et al*., 2021; Liu and Li, 2017). استفاده از نیترات به منظور تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه، تخصیص زیست توده به اندام هوایی را افزایش می‌دهد در حالیکه کاربرد محدود آمونیوم می‌تواند موجب افزایش رشد ریشه‌ها شود (Liu and Li, 2017). مقدار جذب نیتروژن در گیاهانی که هر دو نوع نیتروژن آمونیومی و نیتراتی دریافت می‌کنند، بیشتر از گیاهانی است که تنها نیتروژن نیتراتی را دریافت می‌کنند (Moshrefi Araghi *et al*., 2013). اکثر گیاهان زمانی به بهترین عملکرد خود دست می‌یابند که از هر دو منبع کودهای نیتروژن نیتراتی و آمونیومی استفاده کنند (Yan *et al*., 2019). استفاده از نیترات آمونیوم برای تامین نیاز گیاهان آپارتمانی با توجه به تامین هر دو نوع منبع نیتروژنی موجب افزایش عملکرد و کیفیت این گیاهان می‌گردد (Liu and Li, 2017; Yan *et al*., 2019). با اینحال علی‌رغم اهمیت عنصر نیتروژن در عملکرد گیاه زینتی سجافی (گندمی)، هنوز مقادیر مطلوب نیتروژن برای رشد این گیاه گزارش نشده است. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه سجافی برای یافتن بهترین سطح کاربرد کود نیترات آمونیوم، به عنوان منبع تامین در دسترس، برای افزایش کیفیت رشد و کیفیت دیداری این گیاه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش با ۴ تیمار و ۳ تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه تحقیقاتی پردیس‌کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۸- ۱۳۹۷ به اجرا درآمد. در این آزمایش از چهار سطح مختلف نیترات آمونیوم، (۱۰۰(شاهد)،۲۰۰، ۴۰۰ و۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) محصول شرکت مرک (Merck) استفاده گردید. به‌منظور تهیه بستر کشت، از خاک مزرعه با بافت لومی به نسبت ۵۰ درصد حجمی، بقیه ترکیبی از پیت، پرلیت و کوکوپیت با نسبت حجمی مساوی استفاده شد و سپس به هر کیلوگرم بستر کشت ۴۰۸ میلی‌گرم سوپرفسفات‌تریپل و ۴۴۴ میلی‌گرم سولفات پتاسیم اضافه شد. به‌منظور اعمال تیمار، نیترات آمونیوم با بستر کشت تهیه شده ترکیب و همگن شد. گیاهان سجافی مورد استفاده حاصل ازدیاد، در گلخانه‌های پردیس بود و به صورت یکدست، با ارتفاع ۱۶-۱۴ سانتی‌متر و دارای ۱۰-۱۲ عدد برگ انتخاب شدند. بعد از آماده‌سازی بستر کشت، در گلدان‌هایی به قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۱ سانتی‌متر منتقل شدند. آزمایش ۵ ماه به طول انجامید. و مقادیر مورد اشاره بر اساس وزن خاک هر گلدان (هر گلدان حاوی ۲ کیلوگرم خاک بود) هر ماه ۱۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم بر کیلوگرم خاک به عنوان شاهد و ۲۰۰ و۴۰۰ و۶۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم بر کیلوگرم خاک به‌صورت چالکود به گلدان‌ها اضافه شد. نیاز آبی گیاهان بر مبنای اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک تا رسیدن رطوبت آن به حد ظرفیت زراعی مزرعه تعیین شد. به این منظور بعد از غروب آفتاب که تبخیر و تعرق متوقف شد، گلدان‌ها آبیاری شدند و اجازه داده شد تا آب زهکش خارج گردد و گلدان‌ها به حد ظرفیت زراعی برسند در این مرحله وزن گلدان اندازه‌گیری شد. سپس هر دو روز یکبار گلدان‌ها در یک ساعت معین مجددا وزن می‌شدند. کاهش وزن در دو مرحله به عنوان تبخیر و تعرق گیاه تعیین شد. همواره همه‌ی آب کم شده به گلدان برگردانده شد. دمای گلخانه ۲۰-۱۸ درجه‌سانتی‌گراد و رطوبت محیط ۵۰-۴۰ درصد ثبت شد. در طی این مدت هر سه هفته یک بار آبشویی از بستر کشت انجام می‌شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی بستر کشت در ابتدای آزمایش بر اساس روش‌های استاندارد و بافت خاک به روش هیدرومتری بررسی شد. اساس روش هیدرومتری، اندازه‌گیری چگالی سوسپاسیون آب و خاک می‌باشد که بر اثر رسوب مواد، کاهش پیدا می‌کند. اعداد قرائت شده متناسب با حجم مایع جابه جا شد (Bouyoucos, 1962). قابلیت هدایت الکتریکی و اسیدیته به ترتیب با استفاده از دستگاه EC متر و pH متر اندازه‌گیری شد (Haluschak, 2006). درصد کربن آلی با روش اکسیداسیون مرطوب

(Tumbare and Nikam, 2004) و نیتروژن کل با دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد (Bremner, 1996). مقدار فسفر قابل جذب با استفاده از روش اولسن اندازه‌گیری شد (Olsen *et al*., 1954). برای این منظور ابتدا محلول‌های لازم شامل محلول استخراج کننده، اسیدکلرومولیبدیک و محلول رنگ‌آمیزی کلرور استانو تهیه شد. سپس مقدار ۵ گرم خاک به دقت وزن و داخل ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و با افزودن مقدار ۵۰ میلی‌لیتر محلول استخراج کننده و تکان دادن به مدت ۵ دقیقه، با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک، عصاره‌گیری شد. سپس میزان ۵ میلی‌لیتر از عصاره حاصل در بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و ۵ میلی‌لیتر محلول اسید کلرومولیبدیک به آن اضافه شد و تا حجم ۴۰ میلی‌لیتر رقیق شد. در نهایت یک میلی‌لیتر محلول رنگ‌آمیزی اضافه و سپس به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. شدت رنگ آبی تشکیل شده در طول موج ۶۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر تعیین و میزان فسفر با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب میلی‌گرم در لیتر محاسبه شد. مقدار پتاسیم نیز با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتری تعیین شد (Olsen *et al*., 1954). برای اندازه‌گیری پتاسیم قابل جذب ابتدا عصاره خاک تهیه شد. برای این منظور ۵ گرم خاک در ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته و ۱۰۰ میلی‌لیتر استات آمونیوم یک نرمال به آن اضافه و بعد از تکان دادن برای تبادل آمونیوم و پتاسیم ۲۴ ساعت در محیط تاریک نگهداری شد. سپس با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک عصاره‌گیری شد. در ادامه پس از تهیه استاندارد صفر تا ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و کالیبره کردن دستگاه فلیوم فوتومتر، منحنی استاندارد تنظیم و بر اساس آن اعداد قرائت شده نمونه‌ها از دستگاه محاسبه شد. غلظت آهن قابل جذب به روش عصاره‌گیری با DTPA اندازه‌گیری شد (Olsen *et al*., 1954). برای اندازه‌گیری آهن، معادل ۵۰ گرم خاک خشک در ظروف پلی اتیلنی ریخته شد و ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۰۵ مولار DTPA اضافه شد. جهت جلوگیری از فعالیت احتمالی میکروبی ۱۰ قطره تولوئن نیز افزوده شد و در اتاقک تاریک در دمای ۲۵ درجه سیلسیوس تکان داده شد. سپس با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک عصاره گیری شد. میزان آهن عصاره توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. در پایان آزمایش، صفات مختلف شامل ارتفاع (از محل طوقه تا بالاترین نقطه مماس نوک یا انحنای برگ با خط افقی)، تعداد دستک، تعداد برگ، وزن گلدان، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، عمق ریشه، حجم ریشه، طول ریشه (Khandan-Mirkohi *et al*., 2015)، سطح برگ (توسط دستگاه Leaf Area Meter)، کلروفیل کل (Arnon, 1967)، مقدار پروتئین موجود در بافت (Bradford, 1976)، مقدار نیترات موجود در بافت (Cataldo *et al*., 1975) و میزان پرولین (Bates, 1973) اندازه‌گیری شدند. همچنین مقدار هدایت الکتریکی و نیترات زهاب (Cataldo *et al*., 1975) هر ۳ هفته یکبار برای مشاهده روند تغییرات اندازه‌گیری شدند. در پایان آزمایش تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام گرفت و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

**جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک**

**Table 1- Some physical and chemical properties of the soil**

| بافت خاک<br>Soil texture | هدایت الکتریکی<br>EC<br>($dS.m^{-1}$) | اسیدیته<br>pH | آهن<br>Fe<br>($mg.kg^{-1}$) | پتاسیم<br>K<br>($mg.kg^{-1}$) | نیتروژن کل<br>Total nitrogen<br>(%) | کربن آلی<br>Organic carbon<br>(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| لوم<br>Loam | 1.40 | 7.5 | 11.3 | 366 | 0.150 | 4.00 |

## نتایج و بحث

### صفات مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر صفات ارتفاع، تعداد برگ، تعداد دستک، وزن خشک ریشه، وزن تر ریشه و سطح برگ در سطح ۱ درصد و برای صفات وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، در حالی‌که برای صفات وزن گلدان، عمق ریشه و طول ریشه و حجم ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع (۲۶/۸۶ سانتی‌متر) در تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم و کمترین ارتفاع (۱۷ سانتی‌متر) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم (شاهد) مشاهده شد. با افزایش سطح نیترات آمونیوم به ۶۰۰ میلی‌گرم، ارتفاع گیاه کاهش یافت و ارتفاع گیاه در سطح ۶۰۰ میلی‌گرم، با سطح ۲۰۰ میلی‌گرم، برابری داشت (شکل ۱ الف). از نظر تعداد دستک نیز روندی مشابه با ارتفاع مشاهده شد. بیشترین تعداد دستک مربوط به تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم (۷ عدد در هر گیاه) و کمترین (۱ عدد در هر گیاه) مربوط به تیمار شاهد بود و بین تیمار ۲۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم، اختلاف، معنی‌دار نبود (شکل ۱ ب). نیتروژن به طور مستقیم و یا غیر مستقیم در بزرگ شدن و تقسیم سلولی نقش دارد و زمانی که مقدار نیتروژن در خاک به اندازه کافی باشد، رشد گیاه بیشتر و ارتفاع افزایش می‌یابد (Singh *et al*., 2016).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر نیترات آمونیوم بر شاخص‌های مورفولوژیک گیاه سجافی

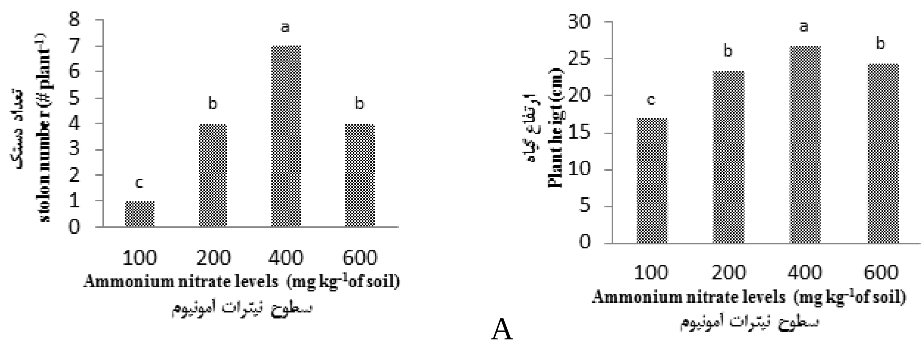
**Table 2- The ANOVA results for the ammonium nitrate effect on the morphological characteristics of *Chlorophytum comosum***

| منابع تغییر Source of variation | درجه آزادی df | میانگین مربعات Mean squares | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع گیاه Plant height | تعداد برگ Leaf number | وزن گلدان Pot weight | تعداد دستک Stolon number | وزن تر بخش هوایی Shoot fresh weight | وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight | وزن تر ریشه Root fresh weight | وزن خشک ریشه Root dry weight | عمق ریشه Root depth | حجم ریشه Root volume | طول ریشه Root length | سطح برگ Leaf area |
| بلوک Block | 2 | 0.08 ns | 40.00 ns | 0.56** | 4.32 ns | 5.33 ns | 3.25 ns | 3.75 ns | 6.58 ns | 1.93 ns | 51.2 ns | 1096666.8 ns | 28388.8 ns |
| تیمار Treatment | 3 | 54.65** | 2131.4** | 0.11 ns | 9.27** | 1104.32* | 6.63* | 22226.97** | 13.55** | 876 ns | 4509.55 ns | 3.72751.3 ns | 2595496.3** |
| خطا Error | 6 | 3.41 | 6.91 | 0.028 | 0.66 | 9.66 | 1.13 | 28.97 | 4.80 | 13.17 | 50.25 | 1465688.24 | 181286.6 |
| ضریب تغییرات C.V (%) | | 7.35 | 3.97 | 9.37 | 12.02 | 1.25 | 5.37 | 8.38 | 14.39 | 11.22 | 2.82 | 12.24 | 10.44 |

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد

*, **, ns: Significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

بررسی‌ها نشان می‌دهد، ارتفاع گیاه تحت تاثیر کودهای نیتروژنی قرار می‌گیرد (Walkley and Black, 1934). بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به بیشترین ذخیره نیتراتی است و از آنجایی که نیتروژن باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شود، هر چه نیتروژن بیشتر، ذخیره نیتراتی بیشتر، و ارتفاع گیاه نیز افزایش می‌یابد (Robin *et al*., 2001). پژوهشگران افزایش عملکرد سرشاخه‌ها را از همخوانی بیشتر بین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه می‌دانند (Tumbare and Nikam, 2004). بیشترین تعداد برگ (۷۶ عدد) در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم و کمترین تعداد برگ (۵۳ عدد) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم (شاهد) مشاهده شد و بین تیمار ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم از نظر تعداد برگ اختلاف، معنی‌دار نبود (شکل ۲ الف). کودهای نیتروژنه با افزایش فتوسنتز و افزایش رشد، منجر به افزایش شمار شاخه در بوته می‌گردند. این نتیجه با نتایج پژوهشگران دیگر همخوانی دارد (Darzi *et al*., 2006). افزایش میزان نیتروژن در دسترس گیاه باعث ایجاد شرایط مناسب رشد شده و افزایش ساقه، برگ و افزایش زیست‌توده را به همراه دارد (Salehi *et al*., 201). محققان عنوان کرده‌اند که افزایش کودهای نیتروژن موجب افزایش شاخه و برگ‌های جوان می‌شود که همانند مخزن قوی عمل می‌کنند و مواد غذایی سنتز شده در فتوسنتز را به سمت خود می‌کشند و موجب افزایش تعداد برگ و سرشاخه‌ها می‌شوند (Kermani Poorbaghaiy *et al*., 2014).



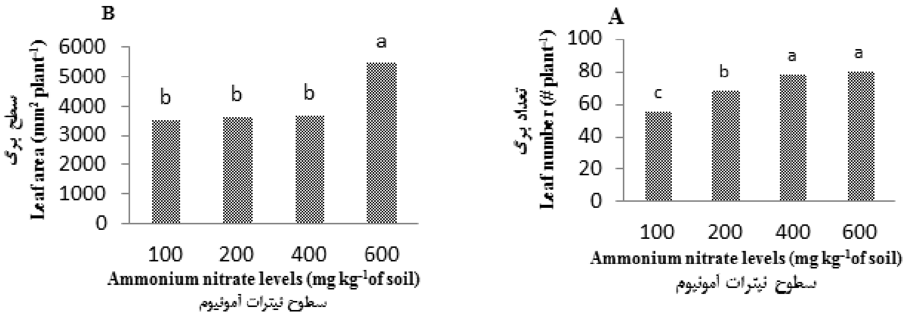

**شکل ۱- اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر ارتفاع (A) و تعداد دستک (B) گیاه سجافی**

**Figure 1- The effect of different levels of ammonium nitrate on the height (A) and stolon number (B) per plant of *Chlorophytum comosum* (DMRT, $p≤0.05$)**

در تحقیقی که بر روی گیاه ریحان انجام شد مشخص گردید که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم موجب افزایش عملکرد سرشاخه‌ها و تعداد برگ و شاخص سطح برگ شد (Anwar *et al*. 2005). از نظر سطح برگ بین تیمارهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما گیاهانی که با ۶۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم، تیمار شدند، دارای بیشترین سطح برگ بودند (شکل ۲ ب). نیتروژن با تاثیر روی فتوسنتز موجب افزایش در جذب عناصر می‌شود. در نتیجه موجب افزایش تعداد برگ در گیاه می‌گردد. سطح برگ نیز تابعی از تعداد برگ می‌باشد و با افزایش تعداد برگ انتظار می‌رود سطح برگ نیز افزایش یابد (Hugar, 1986). با افزایش سطوح نیترات آمونیوم، وزن تر اندام هوایی افزایش یافت و با شاهد تفاوت معنی‌داری داشت به طوری که بیشترین وزن تر در گندمی (۲۷۱/۶۶ گرم) و کمترین (۲۱۱ گرم) به ترتیب در سطوح ۶۰۰ میلی‌گرم و شاهد (۱۰۰ میلی‌گرم) مشاهده شد (شکل ۳ الف). اما از لحاظ وزن خشک اندام هوایی نتایج متفاوت از وزن تر بود و بین تیمار ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما این گیاهان با شاهد تفاوت داشتند و کمترین وزن خشک مربوط به گیاه شاهد بود (شکل ۳ ب).

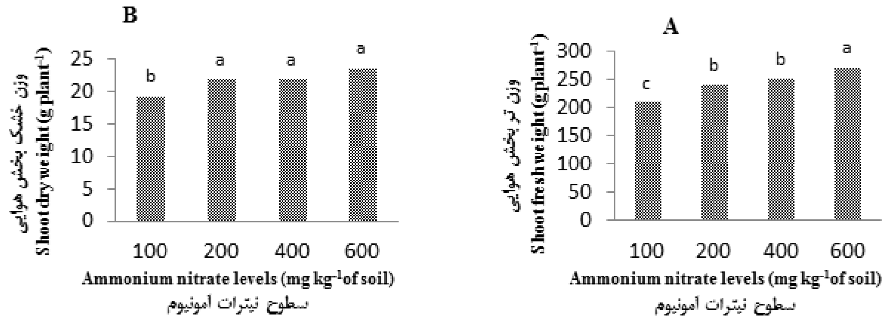
افزایش میزان نیتروژن در دسترس گیاه باعث ایجاد شرایط مناسب‌تر رشد شده که خود باعث افزایش درصد ساقه و برگ و در نهایت افزایش عملکرد زیست‌توده می‌گردد (Salehi *et al*., 2011). تغذیه مناسب باعث افزایش فتوسنتز و رشد گیاه و افزایش شمار شاخه و برگ می‌گردد و در نهایت موجب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی می‌شود (Darzi *et al*., 2006). افزایش غلظت نیتروژن موجب افزایش وزن خشک گیاه می‌گردد. اما اگر غلظت آن از آستانه تحمل گیاه بیشتر شود، تغییری در وزن خشک حاصل نخواهد شد و گاهی حتی، منجر به کاهش وزن خشک گیاه خواهد شد (Tumbare and Nikam, 2004). در پژوهش حاضر، با افزایش سطوح نیترات آمونیوم از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی‌گرم، وزن خشک افزایش یافت، اما با افزایش بیشتر سطوح نیترات آمونیوم تغییری در وزن خشک حاصل نشد و وزن خشک آنها با گیاهانی که با ۲۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم تیمار شدند برابر بود. در سجافی با افزایش سطوح نیترات آمونیوم وزن‌تر ریشه کاهش یافت. بیشترین وزن‌تر (۳۴۷/۶۷ گرم) و کمترین (۱۵۰/۶۴ گرم) به ترتیب در شاهد و سطح ۶۰۰ میلی‌گرم مشاهده شد

(شکل ۴ الف). از نظر وزن خشک ریشه نیز روندی مشابه بـا وزن تـر ریشه مشاهده شد با افزایش سطوح نیترات آمونیوم وزن خشک ریشـه کاهش یافت و شاهد بیشترین مقدار وزن خشک را دارا بود (شـکل ۴ ب).




**شکل ۲- اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر تعداد برگ (A) و سطح برگ (B) گیاه سجافی**

**Figure 2– The effect of different levels of ammonium nitrate on the leaf number (A) and leaf area (B) per plant of *Chlorophytum comosum* (DMRT, *p≤0.05*)**



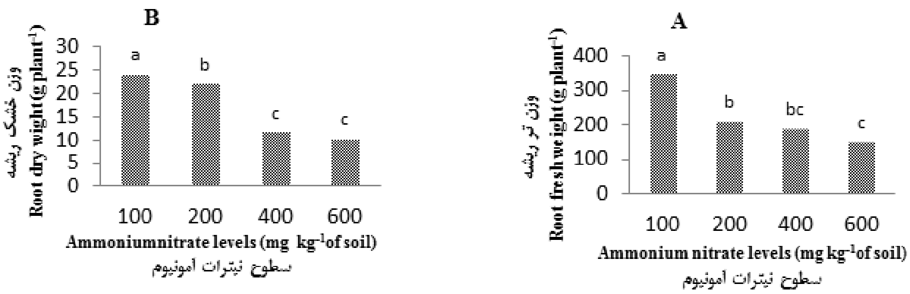

**شکل ۳- اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر وزن تر (A) و وزن خشک (B) اندام هوایی بوته گیاه سجافی**

**Figure 3- The effect of different levels of ammonium nitrate on the plant fresh (A) and dry (B) weight of *Chlorophytum comosum* (DMRT, *p≤0.05*)**

بررسی‌ها نشان می‌دهند که افزایش مصرف نیترات آمونیوم منجر به افزایش رشد رویشی و افزایش جذب مواد معدنی مـی‌گـردد و وزن خشک و تر ریشـه را نیـز افـزایش مـی‌دهـد (Hole *et al*., 1987). کودهای نیتروژنه، دارای اهمیت بـالایی در واکـنش‌هـای فتوسـنتزی می‌باشند و موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه می‌گردنـد (Sajid and Amin, 2014). نتایج پژوهش حاضر، بـا نتـایج بدسـت آمده توسط محققان دیگر مغـایرت دارد. بـا افـزایش سـطوح نیتـرات آمونیوم، وزن تر و خشک ریشه در این مطالعه کاهش یافت. بـه نظـر می‌رسد، گیاه سجافی بیشتر نیتـرات و آمونیـوم مصـرفی را بـه انـدام هوایی تخصیص داده است. در نتیجه وزن تر و خشک ریشـه کـاهش یافته و به وزن تر و خشک اندام هوایی افزوده شده است (Li *et al*., 2021). کودهای نیتروژنه به عنوان منبع تامین نیتروژن، وزن تر اندام هـوایی را افـزایش مـی‌دهنـد (Martin *et al*., 2004). کـاربرد ۲۰۰ کیلـوگرم نیتـروژن در هکتـار، موجـب افـزایش غلظـت نیتـروژن در برگ‌های داوودی و افزایش زیست‌تودهٔ بخش‌هـای هـوایی گردیـد (Polara *et al*., 2015).

## صفات فیزیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثـر سـطوح مختلـف نیتـرات بـر شاخص‌های اندازه‌گیری شده شامل: کلروفیل کل، پروتئین کل، نیترات بافت و پرولین بافت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).




**شکل ٤- اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر وزن تر (A) و خشک (B) ریشه گیاه سجافی**

**Figure 4- The effect of different levels of ammonium nitrate on the root fresh (A) and dry (B) weight per plant of *Chlorophytum comosum* (DMRT, *p≤0.05*)**

**جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر نیترات آمونیوم بر شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه سجافی**

**Table 3- The ANOVA results for the ammonium nitrate effect on the physiological characteristics of *Chlorophytum comosum***

| منابع تغییر<br>**Source of variation** | درجه آزادی<br>**df** | میانگین مربعات<br>**Mean squares** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | کلروفیل کل<br>**Total chlorophyll** | پروتئین کل<br>**Total protein** | پرولین<br>**Proline** | نیترات بافت<br>**Texture nitrate** |
| بلوک<br>Block | 2 | 0.078ns | 7.12ns | 0.23ns | 0.418ns |
| تیمار<br>Treatment | 4 | 9.95** | 233.33** | 17.22** | 20.02** |
| خطا<br>Error | 8 | 0.30 | 14.02 | 0.117 | 0.572 |
| ضریب تغییرات<br>C.V (%) | | 10.64 | 8.40 | 7.55 | 9.58 |

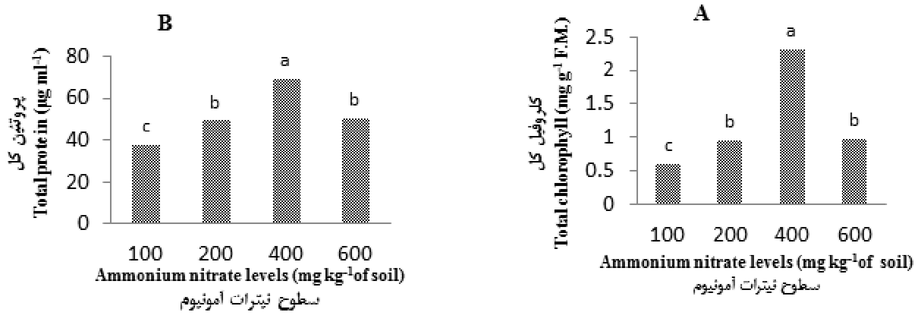
ns ,** ,*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد

*, **, ns: Significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

با افزایش سطوح نیترات آمونیوم، مقدار کلروفیل کل، افزایش یافت. بیشترین مقدار به تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم (۲/۳۰۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و کمترین مقدار کلروفیل به تیمار شاهد (۰/۶۰۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر) اختصاص داشت. با افزایش سطح نیترات آمونیوم به ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، میزان کلروفیل کل کاهش یافت و با تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم برابری می‌کرد (شکل ۵ الف). با توجه به اینکه نیتروژن از جمله عناصر ضروری تشکیل دهنده‌ی کلروفیل محسوب می‌شود، در نتیجه افزایش در میزان آن در محیط رشد گیاه موجب افزایش در میزان کلروفیل می‌گردد (Gross, 2012). نیتروژن به عنوان یک عنصر پرنیاز ضروری در تشکیل سبزینه‌ها نقش دارد (Fageria, 1992). افزایش میزان سطح نیتروژن در خاک، میزان کلروفیل در واحد سطح برگ را افزایش می‌دهد، که منجر به تقویت فتوسیستم ۱ و ۲ می‌گردد (Cechin and Fátima, 2004). مشاهدات عینی این آزمایش نیز تفاوت رنگ ظاهری برگ در گیاهان تیمار شده با مقادیر مختلف نیترات را نشان داد.

از لحاظ پروتئین موجود در بافت نیز روندی مشابه با کلروفیل مشاهده شد. بیشترین مقدار پروتئین در تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم (۶۸/۸۶ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و کمترین (۳۷/۲۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در شاهد مشاهده گردید (شکل ۵ ب). افزایش کودهای نیتروژنه موجب افزایش انواع پروتئین‌ها بویژه پروتئین‌های دخیل در چرخه فتوسنتزی مانند روبیسکو می‌گردد (Cechin and Fátima, 2004; Fumis, 2004). نیتروژن در ساختار مولکول پروتئین‌های گوناگون، آنزیم‌ها، کوانزیم‌ها و اسیدهای نوکلوئیک نقش دارد. بنابراین افزایش در میزان نیتروژن تا حد نیاز گیاه موجب افزایش مقدار پروتئین می‌شود (Hassegawa *et al.*, 2008). نیتروژن با اثر بر روی فتوسنتز موجب افزایش جذب عناصر و افزایش سنتز پروتئین می‌شود (Belorkar *et al.*, 1992). از نظر نیترات موجود در بافت، با افزایش سطوح نیترات آمونیوم مقدار نیترات موجود در بافت افزایش یافت. اما بین تیمار ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم از لحاظ مقدار نیترات تفاوت

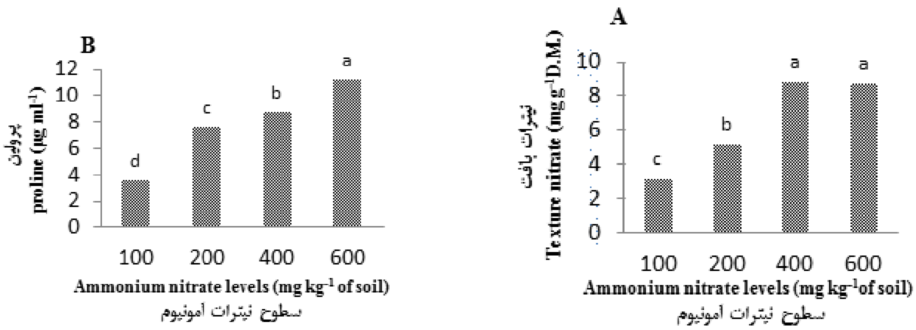
معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶ الف). این نتایج با پژوهشی که پروسبا در سال ۱۹۹۶ انجام داد همخوانی دارد (Prosba, 1996). بیشترین مقدار نیتروژن در بافت سیب زمینی در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با سطوح پایین‌تر بدست آمد (Ghasemi et al., 201). با افزایش سطوح نیتروژن تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار مقدار نیتروژن موجود در بافت گیاه داوودی افزایش یافت (Anuradha *et al*., 1988).




**شکل ۵- اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر کلروفیل کل (A) و پروتئین کل (B) گیاه سجافی**

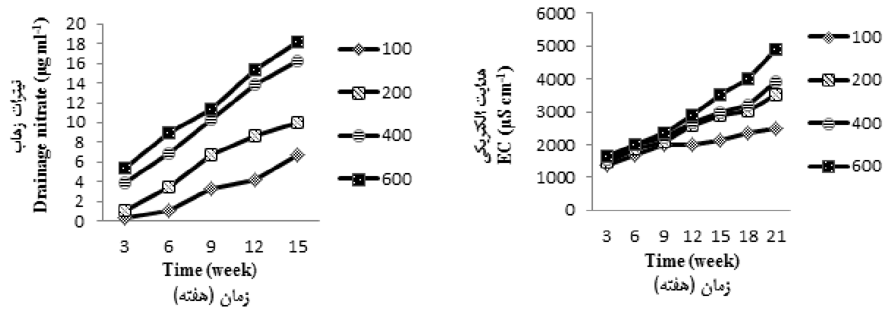
**Figure 5- The effect of different levels of ammonium nitrate on the total chlorophyll (A) and total protein (B) of *Chlorophytum comosum* (DMRT, *p≤0.05*)**

همچنین با افزایش سطح نیتروژن به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار غلظت نیتروژن در برگ گل جعفری افزایش یافت (Jamod, 2001). ترکیبات نیتراته به آسانی توسط گیاه جذب می‌شوند. اگر بلافاصله به پروتئین تبدیل نشوند به شکل نیترات در سلول‌ها ذخیره می‌شوند. در اکثر گیاهان، احیای نیترات تقریباً مساوی با کل نیتروژن جذب شده است، و در شیره خام آثاری از نیترات باقی نمی‌ماند. که علت آن پایین بودن مقدار نیترات موجود در خاک است. ولی اگر در محلول غذایی مقدار نیترات، مازاد بر ظرفیت توان ریشه افزایش یابد، آنگاه همه‌ی نیترات وارد سلول شده و اگر همه‌ی آنزیم‌ها با هم، وارد عمل شوند، گویی باز هم مقداری نیترات اضافه خواهد آمد که با کمک پتاسیم به اندام هوایی منتقل شده و در بافت تجمع می‌یابد (Marschner, 1995). از لحاظ پرولین نیز با افزایش سطوح نیترات آمونیوم مقدار پرولین افزایش یافت کمترین مقدار پرولین در شاهد (۳/۵۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و بیشترین (۱۱/۲۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم، مشاهده شد (شکل ۶ ب). این امر شاید به این دلیل بوده که هم مصرف نیترات بالا موجب افزایش نیاز گیاه به آب می‌شود و هم اینکه نیتروژن جزء تشکیل دهنده پرولین به شمار می‌رود. تجمع پرولین به گیاه کمک می‌کند که یک دوره کوتاهی بعد از خشکی زنده بماند تا گیاه بتواند بعد از رفع تنش خود را بازیابی کند. در نتیجه بر روی عملکرد گیاه اثر مثبت دارد اما در تنش طولانی مدت نه تنها اثر مثبت ندارد بلکه تجمع آن اثر منفی روی عملکرد خواهد داشت. زیرا منابع فتوسنتزی را به سمت و سویی دیگر منحرف خواهد کرد (Hailu *et al*., Sanchez-Sánchez *et al*., 2002; 2008).




**شکل ٦- اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر محتوی نیترات موجود در بافت (A) و پرولین (B) گیاه سجافی**

**Figure 6- The effect of different levels of ammonium nitrate on the texture nitrate (A) and proline content (B) of *Chlorophytum comosum* (DMRT, *p≤0.05*)**




**شکل ۷- روند تغییرات نیترات زهاب (A) و هدایت الکتریکی (B) در طول زمان**

**Figure 7- The trend of drainage nitrate (A) and EC (A) changes by the time**

روند تغییرات هدایت الکتریکی و نیترات زهاب در اثر اعمال تیمارهای مختلف نیترات در طول زمان نشان می‌دهد که با گذشت زمان مقدار هدایت الکتریکی و نیترات زهاب در همه‌ی تیمارها افزایش یافت و بیشترین هدایت الکتریکی برای هر تیمار در ۲۱ هفته بعد از کاشت و برای نیترات موجود در زهاب ۱۵ هفته بعد از کاشت مشاهده شد. همچنین روند تغییرات نشان می‌دهد کمترین هدایت الکتریکی و نیترات مربوط به شاهد و در۳ هفته بعد از شروع آزمایش و بیشترین مقدار در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم مشاهده گردید. نیترات دارای بار منفی است و نمی‌تواند روی کلوئید خاک تثبیت شود. به همین دلیل یا جذب می‌شود و یا از دسترس گیاه خارج می‌گردد (Marschner, 1995). در این آزمایش افزایش سطوح نیترات آمونیوم منجر به افزایش مقدار نیترات موجود در زهاب شد. و در نهایت، موجب افزایش هدایت الکتریکی زهاب گردید.

## نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد نیترات آمونیوم بر بسیاری از صفات رویشی و زینتی گیاه سجافی موثر بود. با توجه به تاثیر مثبت نیترات آمونیوم در اغلب ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی، مخصوصا در سطوح بالاتر، به نظر می‌رسد کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، نیترات آمونیوم، می‌تواند باعث بهبود رشد و افزایش جنبه زینتی این گیاه گردد. به علت تحمل بالای این گیاه به سطوح بالای نیترات، شاید بتوان از این گیاه برای پالایش آلاینده نیترات، بویژه در خروجی زهاب گلخانه‌هایی که دارای سیستم هیدروپونیک باز هستند استفاده کرد.

## منابع


1. Anuradha, K., Pampapathy, K., & Narayana, N. (1988). Effect of N and $P_2O_5$ on the nutrient composition and uptake by marigold (*Tagetes erecta* L.). *South Indian Horticulture 36*(4): 209-211.
2. Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., & Khanuja, S.P.S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil Communications in soil. *Science and Plant Analysis 36*(13-14): 1737-1746. https://doi.org/10.1081/CSS-200062434.
3. Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal 23*(1): 112-121.
4. Baloch, P.A., Riaz, U., Nizamani, F.K., Solangi, A.H., & Siddiqui, A.A. (2014). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on growth and yield characteristics of radish *(Raphinus sativus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 14*(6): 565-569. https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2014.14.06.12350.
5. Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil Journal 39*(1): 205-207. https://doi.org/10.1007/BF00018060.
6. Belorkar, P.V., Patel, B.N., Golliwar, V.J., & Kothare, A.J. (1992). Effect of nitrogen and spacingon growth, flowering and yield of African marigold. *Journal of Soils and Crops* 2: 62-64.
7. Bouyoucos, C.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal* 54: 464-465. https://doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x.
8. Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Journal of Analytical Biochemistry 72*(1-2): 248-254. https://doi.org/10.1006/abio.1976.9999.
9. Bremner, J.M. (1996). Nitrogen-total. Methods of soil analysis: Part 3 *Chemical Methods* 5: 1085-1121.

https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c37.

10. Cataldo, D.A., Maroon, M., Schrader, L.E., & Youngs, V.L. (1975). Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis 6*(1): 71-80. https://doi.org/10.1080/00103627509366547.
11. Cechin, I., & Fátima Fumis, T. (2004). Effect of nitrogen supply on growth and photosynthesis of sunflower plants grown in the greenhouse. *Journal of Plant Science* 166: 1379-1385. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.01.020.
12. Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F., & Sefidkon, F. (2006). Effects of biofertilizers application on yield and yield components in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22*(4): 276-292. (In Persian)
13. Dhanasekaran, D., Ramya, K., & Sathappan, C. (2020). Performance of spider plant (*Chlorophytum comosum*) in modular vertical green walls under various media and nutrients. *Annals of Plant and Soil Research 22*(4): 410-414. https://doi.org/10.47815/apsr.2020.10013.
14. Dordas, C.A., & Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlrophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products* 27: 75-85. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.07.020.
15. Fageria, N.K. (1992). *Maximizing crop yields*.CRC Press.
16. Fermo, P., Masiero, S., Rosa, M., Labella, G., & Comite, V. (2021). *Chlorophytum comosum*: A Bio-Indicator for assessing the accumulation of heavy metals present in the aerosol particulate matter (PM). *Applied Sciences 11*(10): 43-48. https://doi.org/10.3390/app11104348.
17. Germishuizen, G., & Meyer, N. (2003). Plants of southern Africa: an annotated checklist. Pretoria: *National Botanical Institute* 14: 186.
18. Ghasemi, E., Tookalloo, M.R., & Zabihi, H.R. (2012). Effect of nitrogen and potassium and hiumic acid on vegetative growth, nitrogen and potassium uptake of potato minituber in greenhouse condition. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8*(1): 39-56. (In Persian)
19. Gross, J. (2012). *Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids*. Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2033-7.
20. Hailu, S., Seyoum, T., & Dechassa, N. (2008). Effect of Combined application of Organic-P and Inorganic-N fertilizers on yield of Carrot. *African Journal of Biotechnology* 1: 27-34.
21. Haluschak, P. (2006). Laboratory methods of soil analysis. *Canada-Manitoba Soil Survey 3*: 133.
22. Hassegawa, R.H., Fonseca, H., Fancelli, A.L., da Silva, V.N., Schammass, E.A., Reis, T.A., & Corrêa, B. (2008). Influence of macro-and micronutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. *Journal of Food Control 19*(1): 36-43. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.01.006.
23. Hole, C.C., Morris, G.E.L., & Cowper, A.S. (1987). Distribution of dry matter between shoot and storage root of field-grown carrots. II. Relationship between initiation of leaves and storage roots in different cultivars. *Journal of Horticultural Science 62*(3): 343-349. https://doi.org/10.1080/14620316.1987.11515790.
24. Hugar, A.H. (1986). Studies on time of pruning and nutrition on growth and flower yield of *Jasminum auriculatum* Vahl. M.Sc. (Agri.) Thesis, University of Agricultural Science, Dharwad. (India)
25. Hutchings, G.J., Mirzaei, A.A., Joyner, R.W., Siddiqui, M.R.H., & Taylor, S.H. (1996). Ambient temperature CO oxidation using copper manganese oxide catalysts prepared by coprecipitation: effect of ageing on catalyst performance. *Catalysis Letters 42*(1): 21-24. https://doi.org/10.1007/BF00814462.
26. Jamod, P.P. (2001). *Influence of plant population and levels of nitrogen on growth and yield of African marigold (Tagetes erecta L.) cv. Local Orange*. M.Sc. (Agri.) Thesis, Gujarat Agricultural University, Sardar Krushinagar.
27. Kermani Poorbaghaiy, S.S., Pouryousef, M., Jamshidi, KH., & Azimi, M.R. (2014). Effects of plant density and main stem pruning on yield and its components of pumpkin (*Cucurbita pepo* con var. pepo var. styriaca). *Iranian Journal of medicinal and Aromatic Plants* 30 (1): 1-9. http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2014.5260.
28. Khalid, K.A. (2013). Effect of nitrogen fertilization on morphological and biochemical traits of some Apiaceae crops under arid region conditions in Egypt. *Nusantara Bioscience 5*(1): 15-21. https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n050103.
29. Khandan-Mirkohi, A., Zafar-Farrokhi, F., Taheri, M.R., & Rejali, F. (2015). The effect of Mycohrizal symbiosis on water uptake efficiency and some growth traits of Osteospermum (*Osteospermum hybrida* 'Passion Mix'). *Iranian Journal of Horticultural Science 45*(4): 361-375. https://doi.org/10.22059/ijhs.2015.53486.
30. Li, J., Zhong, J., Liu, Q., Yang, H., Wang, Z., Li, Y., ... & Agranovski, I. (2021). Indoor formaldehyde removal by three species of *Chlorophytum comosum* under dynamic fumigation system: Part 2—plant recovery. *Environmental Science and Pollution Research 28*(7): 8453-8465. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11167-3.
31. Liu, G., Du, Q., & Li, J. (2017). Interactive effects of nitrate-ammonium ratios and temperatures on growth, photosynthesis, and nitrogen metabolism of tomato seedlings. *Scientia Horticulturae 214*: 41-50. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.006.
32. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. (2nd Ed). Academic Press Ltd., London, U.K. (Pp. 889.).
33. Marschner, H. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*, Third Edition, Academic Press, London.

https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9.
34. Martin, N., Greet-jan, V., & Arne, V.B. (2004). *Parameter for carrot quality and the development of inner quality concept*. Louis Blok Institute, (In Netherlands).
35. Moshrefi Aragi, A.R., Naderi, R., Babalar, M., & Taheri M.R. (2013). Effect of ammonium to total nitrogen different ratios on vegetative growth and flowering of potted plant of *Euphorbia pulcherrima*. *Journal of Agricultural Improvement* 15: 39-51. (In Persian)
36. Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F., & Dean, L. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. USDA Circular No 939, US Gov. Print. Office, Washington, D.C.
37. Polara, N.D., Gajipara, N.N., & Barad, A.V. (2015). Effect of nitrogen and phosphorus on nutrient content and uptake in different varieties of African marigold (*Tagetes erecta* L.). *Journal of Applied Horticulture 17*(1): 44-47.
38. Prosba, B.U. (1996). The effects of nitrogen rates and planting dates on nitrate content in potato tubers. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka* 46: 73-81.
39. Prsa, I., Stampar, F., Vodnik, D. & Veberic, R. (2007). Influence of nitrogen on leaf chlorophyll content and photosynthesis of 'Golden Delicious' apple. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science 57*(3): 283-289. https://doi.org/10.1080/09064710600982878.
40. Reed, D.Wm. (1996). *A Grower's Guide to Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops*. (1st Ed.). Ball Publishing, Batavia, Illinois 60510 USA.
41. Robin, L.W., Burns, L.G., & Moorby, J. (2001). Responses of plant growth rate to nitrogen supply: a comparision of relative addition and N interruption treatments. *Journal of Experimental Botany 52*(355): 309-317. https://doi.org/10.1093/jexbot/52.355.309.
42. Sajid, M., & Amin, N. (2014). Effect of various combinations of nitrogen, phosphorus and potash onenhancing the flowering time in Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*). *International Journal of Biosciences 4*(10): 99-108. https://doi.org/10.12692/ijb/4.10.99-108.
43. Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F., & Asgharzade, A. (2011). The effect of Zeolite, PGPR and vermicompost application on NPK concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27*(2): 188-201. (In Persian). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6394.
44. Sanchez-Sánchez, A., Sánchez-Andreu, J., Juárez, M., Jordá, J., & Bermúdez, D. (2002). Humic substances and aminoacids improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemon trees. *Journal of Plant Nutrition* 25: 2433-2442. https://doi.org/10.1081/PLN-120014705.
45. Singh, M., Masroor, M., Khan, A., & Naeem, M. (2016). Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation, essential oil content, yield and quality attributes in *Zingiber officinale* Rosc. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 15*(2): 171-178. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.11.002.
46. Sonneveld, C., & Voogt, W. (2009). *Plant nutrition of greenhouse crops*. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
47. Tumbare, A.D., & Nikam, D.R. (2004). Effect of planting and fertigation on growth and yield of green chilli (*Capsicum annuum*). *Indian Journal of Agricultural Science 74*(5): 242-245.
48. Vazques, P., Holguin, G., Puente, M.E., Lopez-Cortes, A., & Bashan, Y. (2000). Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biology Fertility of Soils* 30: 460-468. https://doi.org/10.1007/s003740050024.
49. Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Journal of Soil Science 37(1)*: 29-38.
50. Yan, L., Xu, X., & Xia, J. (2019). Different impacts of external ammonium and nitrate addition on plant growth in terrestrial ecosystems: A meta-analysis. *Science of the Total Environment* 686: 1010-1018. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.448.